

超音波法による覆工コンクリートの脱型時強度推定技術の研究

飛島建設 東北支店 正会員 ○田畑 壮典 飛島建設 土木事業本部 正会員 筒井 隆規
 飛島建設 東北支店 菅原 健 飛島建設 土木事業本部 正会員 熊谷 幸樹
 飛島建設 東北支店 正会員 塩満 剛治 飛島建設 技術研究所 正会員 平間 昭信

1. はじめに

NATM による山岳トンネルの覆工コンクリートの構築では、脱型時におけるコンクリートの強度は圧縮強度で $2.0 \sim 3.0 \text{ N/mm}^2$ 程度を目安としている場合が多い。この脱型時の強度の発現を、実際に打設した覆工コンクリートにおいて確認する方法として、近年は積算温度による強度の推定が行われている。

積算温度とは、コンクリートの強度を材齢と養生温度の関数として表現する考え方に基づくもので、品質や耐久性向上のために行われる様々な養生環境下においても、覆工コンクリートの温度を的確に測定できるかが重要となる。一方で、筆者らは覆工コンクリートの硬化による強度増進そのものを捉えることで、養生環境を問わず強度の発現を確認する構想の下に、覆工コンクリートの硬化に鋭敏と考えられる超音波法の適用を検証した。本稿では、覆工コンクリートの強度発現と超音波の伝播挙動との関係を明らかにすることを目的として、超音波測定システムを組み込んだ型枠において、超音波法によりコンクリートを打設直後から直接かつ連続測定を行い、円柱供試体の圧縮強度との関係について検証した結果について報告する。

2. 実験概要

(1) 超音波測定システム型枠

写真 1、写真 2 に本実験で使用した型枠を示す。寸法は $900 \times 900 \times 300 \text{ mm}$ で、覆工コンクリートの表面となる型枠底版に超音波測定のためのセンサ設置が可能な穴を開けている。

図 1 に示すように、センサは受信面が型枠面と同じ高さになるように設置し、漏水と型枠への超音波の直接伝播を低減するために周囲の隙間にはシリコンボンドを充填した。

(2) 超音波測定および圧縮強度試験

超音波測定には超音波試験機(エフティーエス社製)を用いた。図 1 に示すように、送信用センサによりコンクリートへ励起され、コンクリート中を伝播した超音波を、受信用センサを介して波形で記録する。本実験ではセンサ間距離は事前の検討に基づき 200 mm とした。なお、超音波測定は 5 分毎に自動で実施した。圧縮強度試験は、型枠への打設と合わせて作製した円柱供試体 ($\phi 100 \times 200 \text{ mm}$) を用いて、

加水時刻から 10, 11, 12, 13, 15, 16, 18, 20, 22, 24 時間後、計 10 材齢において実施した。

3. 実験結果と考察

(1) 波形パラメータの選定

超音波法で一般的に評価に用いられるパラメータは伝播速度である。伝播速度は波形の初動の時刻を読み取り、発信時刻との時間差を求め、伝播距離を時間差で除すことで算出される。しかし、図 2 に示すように、本実験において記録された波形(12, 18, 24 時間後)から読み取られる初動時刻には、材齢に伴う変化を確認

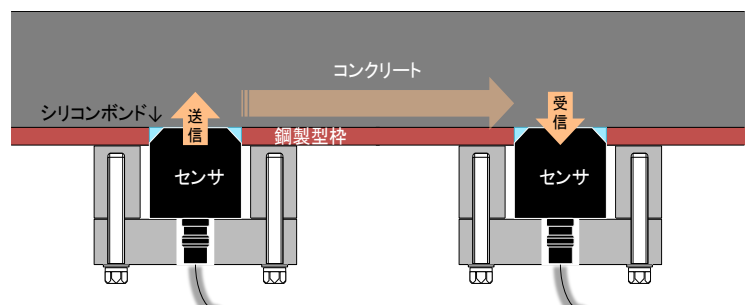
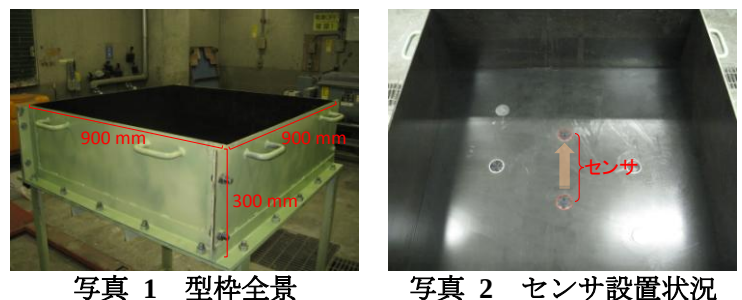


図 1 センサ設置および測定概略

キーワード 山岳トンネル, 覆工コンクリート, 脱型, 強度, 超音波

連絡先 〒975-0064 福島県南相馬市原町区押釜字原 210-1 TEL:0244-26-7753

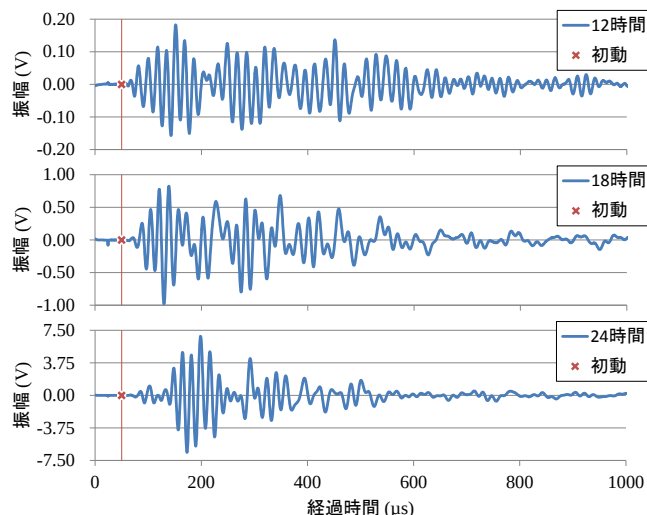


図 2 材齢に伴う初動時刻の変化

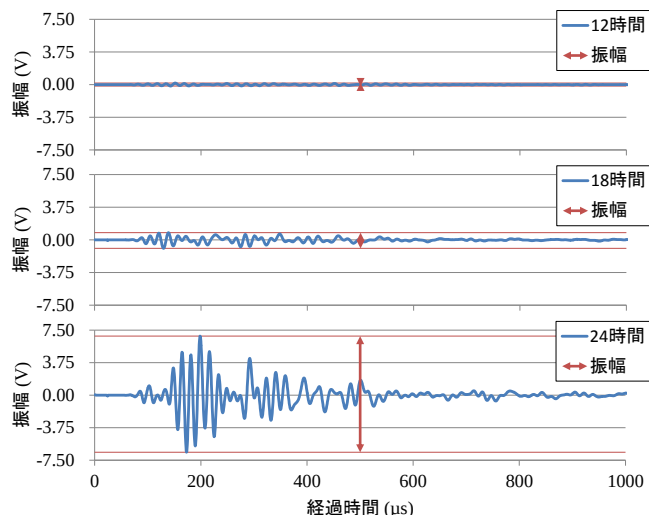


図 3 材齢に伴う最大振幅の変化

することはできなかった。これは、超音波が型枠へ直接伝播することを低減したとはいえ、コンクリートが打設されれば、コンクリートがその状態に関わらず型枠への接触媒体として機能するためと考えられる。

一方、図 3は同じく 12, 18, 24 時間後の波形について縦軸（振幅）を統一して示したものである。材齢に伴う変化が極めて顕著に表れている。型枠が波形の振幅に与える影響は、材齢経過に関わらず一定であることから、振幅はコンクリートの硬化を捉えるパラメータとなり得ると考えられる。そこで、本実験では一般的な伝播速度ではなく、波形の最大振幅を用いて圧縮強度との相関を検証した。

(2) 最大振幅と圧縮強度の相関検証

図 4に円柱供試体の圧縮強度と波形の最大振幅の時系列データを示す。圧縮強度は線形増加傾向を示したのに対し、波形の最大振幅は指数増加傾向を示した。波形の振幅は、伝播距離による減衰と、材料の粘性抵抗による減衰が起因して変化するが、本実験では伝播距離が常に一定であることから、この波形の最大振幅の指数増加傾向は、コンクリートの粘性抵抗の減少、すなわち剛性の増加を示すものと考えられる。図 5に示すように、各材齢における最大振幅と圧縮強度をプロットすると、最大振幅と圧縮強度は高い相関を示した。このことから、超音波の最大振幅によって覆工コンクリートの硬化による強度増進そのものを捉えることができ、最大振幅と圧縮強度の関係式により強度発現を確認できる可能性が見出された。

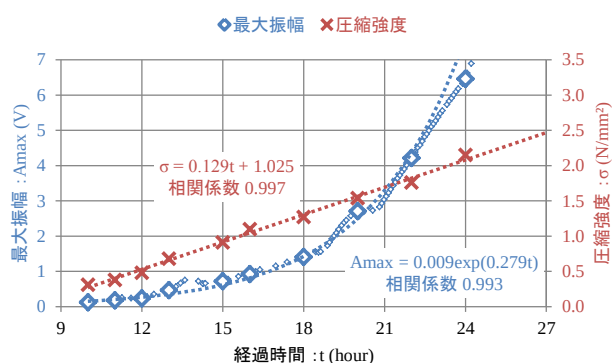


図 4 圧縮強度と最大振幅の時系列データ

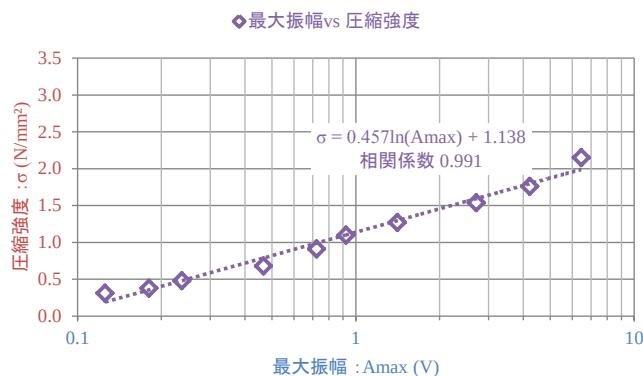


図 5 最大振幅と圧縮強度の関係

4. おわりに

超音波の最大振幅を用いることで覆工コンクリートの強度発現を確認できる可能性が見出された。今後は現場仕様の検討とデータの蓄積を行い、覆工コンクリート実施工に超音波測定システムを適用する予定である。

謝 辞

大栄工機株式会社には型枠製作等、本研究に対し多大なるご協力をいただいた。ここに感謝の意を表す。